

Perfectionnements aux répartiteurs d'énergie hertzienne. (Invention : Jules LEMAIRE, Edmond MILH et Michel RATEAU.)

Société anonyme dite : ÉTABLISSEMENTS MARCEL PORTENSEIGNE résidant en France (Seine).

Demandé le 22 janvier 1964, à 10<sup>h</sup> 55<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré par arrêté du 30 août 1965.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 41 de 1965.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet des perfectionnements aux répartiteurs permettant de distribuer à plusieurs récepteurs l'énergie incidente provenant d'émetteurs de télévision et plus particulièrement adaptés à fonctionner dans de larges bandes de fréquences telle que, par exemple, 50 à 860 MHz, correspondant aux bandes de télévision I-III-IV-V ainsi que la radiodiffusion en bande II.

Dans les répartiteurs connus le fonctionnement est basé sur l'utilisation, entre le connecteur d'entrée et le réseau de résistances intercalées sur chaque sortie vers les récepteurs montés en parallèle, d'un transformateur d'adaptation quart d'onde. Or les propriétés de transformation d'impédance d'une ligne quart d'onde ne sont utilisées de façon satisfaisante qu'à la fréquence pour laquelle la ligne de transformation mesure électriquement un quart d'onde. Aux fréquences pour lesquelles cette ligne est plus courte ou plus longue, il apparaît des réactances qui perturbent la transformation et dégradent rapidement les caractéristiques nominales du répartiteur. Le problème est d'autant plus important que la largeur de la bande de fréquences à transmettre est plus grande.

Il est connu par ailleurs de réaliser un adaptateur d'impédance en utilisant une ligne de transmission à impédance caractéristique progressivement croissante ou décroissante.

Cette variation d'impédance caractéristique nominale peut suivre une loi pratiquement linéaire. Les réflexions dans la ligne sont alors négligeables dans une très large bande de fréquences. On peut obtenir un tel résultat en appliquant, par exemple, des méthodes connues telles que :

a. En utilisant une ligne où l'un des paramètres déterminant l'impédance caractéristique varie suivant une loi exponentielle; par exemple l'espace entre deux conducteurs de diamètre constant

d'une ligne de transmission bifilaire peut varier de façon linéaire selon la valeur du rapport entre l'impédance d'entrée  $Z_e$  et l'impédance de sortie  $Z_s$ , la variation linéaire de cet espacement est proche d'une variation exponentielle. Cette variation sera plus proche d'une variation exponentielle si la ligne

est partagée en tronçons de longueurs égales ( $k = \frac{\lambda}{4}$ )

les rapports entre les largeurs des tronçons successifs étant proportionnels aux coefficients des polynômes de Tchebycheff.

L'approximation est d'autant plus satisfaisante que la ligne mesure un nombre important de demi-ondes électriques à la fréquence centrale de la bande dans laquelle on désire l'utiliser.

b. Par l'usage d'une véritable ligne exponentielle c'est-à-dire d'une ligne où l'on fait varier un des paramètres déterminant l'impédance caractéristique suivant une loi exponentielle, la variation d'impédance caractéristique nominale de la ligne est alors parfaitement linéaire et les réflexions dans la ligne sont, par suite, nulles.

Toutefois la réalisation matérielle de ces lignes est assez malaisée lorsqu'on utilise des conducteurs cylindriques séparés ou non par diélectrique solide. La méthode des circuits imprimés rend cette réalisation beaucoup plus aisée et permet de remédier aux inconvénients cités pour les répartiteurs de type classique. A cet effet une plaquette de matériau diélectrique peut être métallisée, sur une face sur la totalité ou la plus grande partie de sa surface et sur l'autre face, suivant une bande seulement.

Le répartiteur selon l'invention, applicable en particulier aux larges bandes de fréquences, et utilisant, entre le connecteur d'entrée et le réseau de résistances intercalées sur chaque sortie vers les

récepteurs montés en parallèle, un système d'adaptation d'impédance réalisé au moins en partie en circuit imprimé sur une plaquette de matériau diélectrique, est caractérisé principalement en ce que, entre l'entrée et la jonction desdites résistances, ou a disposé une ligne microstrip constituée sur une des faces de la plaquette par une bande de largeur progressivement croissante.

L'invention peut être encore caractérisée par différentes dispositions :

Une première disposition suivant laquelle la largeur de la bande est linéairement croissante.

Une seconde disposition suivant laquelle la largeur de la bande est croissante selon une loi exponentielle, une capacité en série et une inductance en parallèle étant disposées respectivement à l'entrée et à la sortie de la bande et la bande est de longueur très courte en fonction de la longueur d'onde maximum à transmettre.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description ci-après, faite à titre d'exemple non limitatif et en se référant aux dessins annexés qui représentent :

Figures 1a, 1b, 1c, le schéma de principe d'un répartiteur à quatre directions suivant l'invention.

Figure 2, un répartiteur à quatre directions à largeur de bande croissante selon une loi exponentielle.

Figure 3, le dessin d'une bande métallisée imprimée comprenant plusieurs tronçons parallèles.

Dans l'exemple choisi sur les figures 1a, 1b, 1c à quatre directions, les feeders d'antenne d'une part et de liaison aux récepteurs d'autre part sont respectivement représentés par des câbles coaxiaux 1, 2, 3, 4 et 5, l'impédance caractéristique de ces différents feeders étant  $Z_c$ .

L'adaptateur d'impédance permettant de passer de la valeur  $Z_c$  à la valeur  $Z_b = Z_c \frac{2 N-1}{N^2}$  (N :

nombre de directions) du type à décroissance pseudo-linéaire ou linéaire de l'impédance, est réalisé en circuit imprimé, une plaque 6 de matériau diélectrique de constante  $K$  étant totalement revêtue d'une mince couche de cuivre sur une face (face arrière 7 du dessin) et partiellement métallisée (cuivre) suivant une bande de largeur progressivement croissante sur l'autre face. Sur la figure 1a la bande 8 est de largeur linéairement croissante, donc particulièrement simple à réaliser, et il lui correspond une variation pseudo-linéaire de l'impédance. Sur la figure 1b la bande 9 est divisée en deux tronçons, par exemple 9a et 9b, de longueurs

égales ( $k = \frac{\lambda}{4}$ ) de manière à obtenir une variation

de l'impédance plus proche de la variation linéaire. Il est évident que le nombre de tronçons n'est aucu-

nement limitatif, les rapports entre les largeurs des tronçons successifs étant, comme indiqué précédemment, proportionnels aux coefficients des polynômes de Tchebycheff. Sur la figure 1c la largeur de la bande 10 croît suivant une loi exponentielle et il lui correspond une variation linéaire de l'impédance.

L'expérience montre que l'on peut assimiler l'ensemble à une ligne de Lécher et même, si la largeur de la face totalement cuivrée est suffisamment grande par rapport à celle de la bande, à une sorte de ligne coaxiale « plate » dans laquelle la bande correspondrait au conducteur interne du coaxial et la large surface cuivrée au conducteur externe.

L'impédance caractéristique de l'ensemble est de

$$Z_c = \frac{1}{Cv}$$

C représentant la capacité par unité de longueur

et  $v$  la vitesse de propagation avec  $v = \frac{V}{\sqrt{K}}$  (V :

vitesse des ondes hertziennes, K : constante diélectrique du matériau isolant).

Pour une plaque d'épaisseur  $e$  et de constante diélectrique invariables, l'impédance caractéristique  $Z_c$  est donc inversement proportionnelle à la largeur de la bande. Pratiquement pour une bande de largeur linéairement croissante (fig. 1a et 1b) la longueur  $L$  de la ligne doit mesurer un nombre important de demi-ondes électriques à la fréquence centrale de la bande à transmettre soit :

$$L = \frac{n\lambda}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{K}} \text{ avec } n \geq 3$$

Entre la sortie de la bande et les coaxiaux 2, 3, 4, 5 sont branchées des résistances d'adaptation 21, 31, 41, 51 montées en parallèles et de valeur  $R = \frac{Z_c}{N-1}$

suivant les conditions classiques imposées.

Pour le répartiteur représenté schématiquement figure 1a et en prenant pour l'impédance  $Z_c$  la valeur normalisée de 75 Ohms, on obtient, comme valeur d'impédance de sortie de la ligne d'adaptation, respectivement :

$Z_b = 32,75 \Omega$  pour un répartiteur à quatre directions (avec  $R = 56 \Omega$ );

$Z_b = 22,8 \Omega$  pour un répartiteur à six directions (avec  $R = 62 \Omega$ );

$Z_b = 14,2 \Omega$  pour un répartiteur à dix directions (avec  $R = 68 \Omega$ );

En prenant comme matériau diélectrique du Copperclad type XXX P de constante diélectrique  $K = 4,6$  et avec une épaisseur de 16/10 mm, la largeur initiale de la ligne d'adaptation sera de 1,75 mm (correspondant à 75  $\Omega$ ) et les largeurs

finales correspondant aux trois types de répartiteurs seront respectivement :

- 6 mm pour un répartiteur à quatre directions;
- 8 mm pour un répartiteur à six directions;
- 13 mm pour un répartiteur à dix directions.

Pour transmettre la bande de fréquence de 50 à 860 MHz (fréquence centrale 455 MHz), on utilisera, par exemple, une ligne de longueur électrique de trois demi-ondes à la fréquence de 455 MHz soit une longueur matérielle de :

$$3 \cdot \frac{150}{455} \cdot \frac{1}{\sqrt{4,6}} = 460 \text{ mm}$$

Sur la figure 2, on a représenté un répartiteur à quatre directions correspondant au schéma de principe de la figure 1c. Les feeders d'antenne et de liaison aux récepteurs s'adaptent sur le répartiteur à l'aide de porte-fiches 11 fixés sur deux joues porte-fiches 12 et 13. La largeur de la bande métallisée 14 est croissante suivant une loi exponentielle et deux corrections électriques ont été apportées, à l'entrée par un circuit en série constitué par une résistance 15 et une capacité 16 et à la sortie par une inductance en parallèle 17.

La bande 14 est reliée à la sortie à des résistances de couplage du même type que précédemment 21, 31, 41, 51.

Avec les corrections ainsi apportées à la ligne celle-ci peut être particulièrement courte en fonction de  $\lambda$  max. à transmettre. Ainsi pour la valeur normalisée  $75 \Omega$  de l'impédance  $Z_c$  et avec des valeurs correctives,

C : 27 à 82 pF

R : 22 à 39  $\Omega$

L : 0,12 à 0,18  $\mu$ H

on obtient des impédances de sortie de ligne et des longueurs de bande respectivement :

Pour 4 directions  $Z_b = 32,75 \Omega$   $l = 180$  mm;

Pour 6 directions  $Z_b = 22,8 \Omega$   $l = 180$  mm;

Pour 10 directions  $Z_b = 14,2 \Omega$   $l = 300$  mm.

En utilisant le même matériau diélectrique ( $K = 4,6$  épaisseur 16/10 mm) la largeur initiale de la bande étant de 1,75 mm les largeurs finales correspondant aux trois types de répartiteurs seront les mêmes que pour la bande de croissance linéaire.

En fait, pour permettre d'obtenir avec un faible encombrement une ligne suffisamment grande on peut utiliser (fig. 2) une ligne à plusieurs tronçons parallèles reliés par des parties pratiquement semi-circulaires 19, la largeur de la ligne étant progressivement croissante. La distance entre deux tronçons parallèles est nécessairement au moins égale à trois fois la largeur du tronçon le plus large.

#### RÉSUMÉ

1° Perfectionnements aux répartiteurs d'énergie hertzienne, en particulier pour larges bande de fréquences, du type utilisant entre le connecteur d'entrée et le réseau de résistance intercalées sur chaque sortie vers les récepteurs montés en parallèle, un système d'adaptation d'impédance réalisé au moins en partie en circuit imprimé sur une plaquette de matériau diélectrique, caractérisé principalement en ce que, entre l'entrée et la jonction desdites résistances, on a disposé en particulier une ligne microstrip constituée sur l'une des faces de la plaquette par une bande de largeur progressivement croissante.

L'invention peut être encore caractérisée par les points suivants pris isolément ou de préférence en même temps.

2° Le matériau diélectrique ayant une constante de 4,6 et une épaisseur de 16/10 mm et l'impédance caractéristique des feeders d'antenne et d'attaque des récepteurs étant de  $75 \Omega$ , la bande imprimée a une largeur initiale de 1,75 mm et pour des répartiteurs à 4,6 ou 10 directions, une largeur finale respectivement de 6, 8 ou 13 mm.

3° La bande est de largeur linéairement croissante et la bande de fréquence à transmettre étant comprise entre 50 à 860 MHz, la longueur de la bande imprimée est de 460 mm.

4° La bande est divisée en deux tronçons de largeur linéairement croissante.

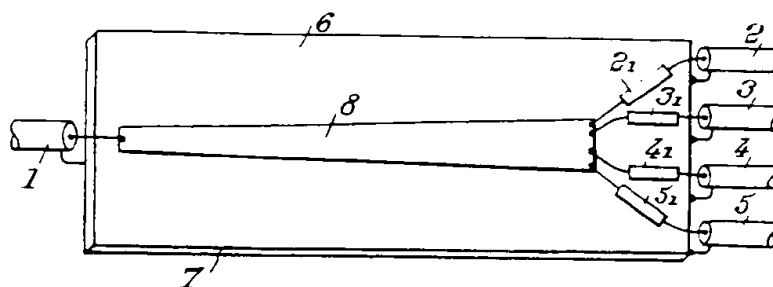
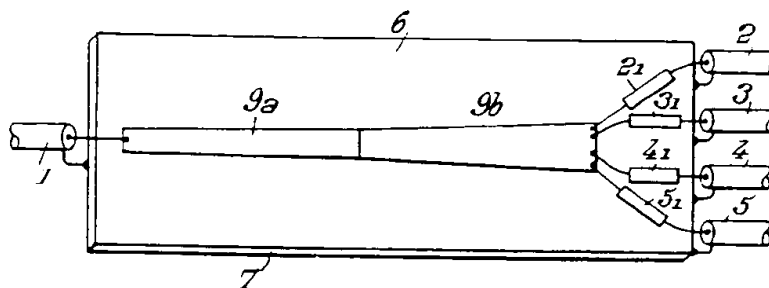
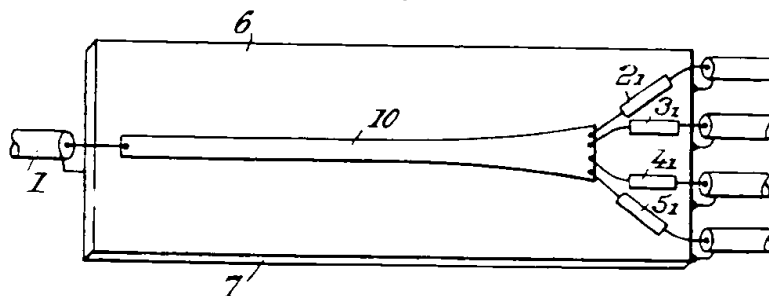
5° La bande de largeur croissante suivant une loi pseudo exponentielle, une capacité en série et une inductance en parallèle étant disposées respectivement à l'entrée et à la sortie de la bande, est de longueur très courte en fonction de  $\lambda$  max à transmettre et pour une bande de fréquence comprise entre 50 à 860 MHz ladite longueur est respectivement pour un répartiteur à 4, 6 ou 10 directions de 130 mm, 180 mm, 300 mm.

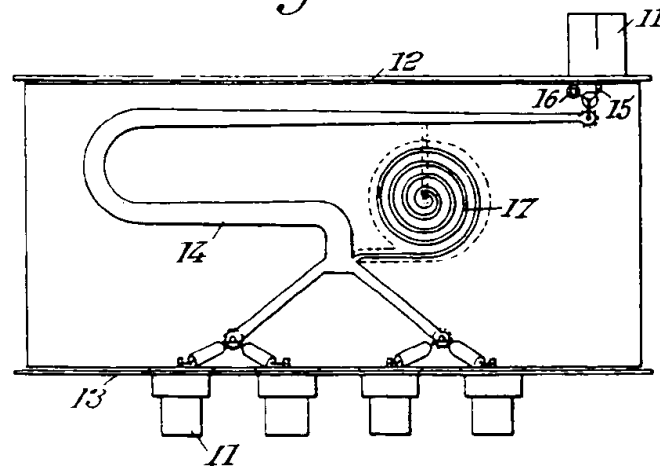
6° La bande imprimée de largeur progressivement croissante est constituée de plusieurs tronçons parallèles reliés par des parties pratiquement semi-circulaires, la distance entre deux tronçons parallèles étant au moins égale à trois fois la largeur du tronçon le plus large.

A titre de produits industriels nouveaux, les répartiteurs comportant des caractéristiques telles que ci-dessus, les éléments et outils servant à leur établissement, ainsi que les ensembles comprenant de pareils répartiteurs.

Société anonyme dite :  
ETABLISSEMENTS MARCEL PORTENSEIGNE

Par procuration :  
Raymond BÉRANGER

*Fig. 1a**Fig. 1b.**Fig. 1c*

*Fig. 2.**Fig. 3.*